Bemerkungen

über

die Entwickelung und den Bau

des

Säugethierzahnes.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT DER

PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

FRIEDRICH-FRANZ-UNIVERSITÄT

ZU ROSTOCK

VON

ROBERT BAUME,

PRACT. ZAHNARZT UND REDACTEUR DER DEUTSCHEN VIERTELJAHRS-SCHRIFT FÜR ZAHNHEILKUNDE IN BERLIN.

LEIPZIG, 1875.

DRUCK VON A. TH. ENGELHARDT.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553624_0072

Die Entwickelungsgeschichte der Zähne hat die Anatomen von jeher besonders angezogen. Es finden sich in der einschlägigen Literatur die namhaftesten Autoren verzeichnet. Von Allen ist die grosse Schwierigkeit, welche diesen Untersuchungen sich entgegensetzt, anerkannt.

Es kann nicht meine Absicht sein, an dieser Stelle die ganze Entwickelungsgeschichte nebst den vielen Theorien in extenso anzuführen und zu besprechen. Ich muss mich darauf beschränken, nur das Wichtigste, was unbedingt zur Sache gehört, zu erwähnen, denn eine vergleichende Entwickelungsgeschichte lässt sich unmöglich in den Rahmen eines kurzen Aufsatzes bringen. Ich beschreibe deshalb die Entwickelungsgeschichte nur in grossen Zügen, wobei es mir im Wesentlichen darauf ankommt, einige Punkte, welche ich genauer studirt habe, ausführlicher zu betrachten. Von diesem Gesichtspunkte aus bitte ich die vorliegende Arbeit zu beurtheilen.

Erste Anlage der Zahnkeime.

Lange Zeit hindurch galten allein die Angaben Goodsirs über die Entwickelung der Zähne für die richtigen. Dieser Autor behauptet, dass die erste Anlage der Zähne in einer offenen Zahnrinne auftrete. Es soll sich die Schleimhaut, welche die Mundhöhle und auch die Dentalfurche auskleidet, an den Stellen, welche den künftigen Zähnen entsprechen, in Form von kleinen Papillen erheben. Es stiess diese Angabe aber von Seiten Raschkow's und Purkinje's auf Widerspruch. Durch eine Arbeit Goodsirs, welche im Jahre 1838 veröffentlicht wurde, wurden die früheren Mittheilungen durch sehr zahlreiche Beobachtungen weiter ausgeführt und die Wahrscheinlichkeit der daraus gezogenen Schlüsse

gut begründet. Seitdem hörte längere Zeit hindurch jeder Widerspruch auf, und man gewöhnte sich daran, die Ansichten Goodsirs für richtig zu halten.

Selbst die Untersuchungen Markusen's, welche sonst anerkannt wurden, änderten an der allgemeinen von Goodsirs aufgestellten Theorie wenig.

Später führte Kölliker*) den stricten Nachweis, dass sich das Mundhöhlenepithel in ganz unverkennbarer Weise an der Zahnbildung betheilige. Von dieser Zeit an trat die Lehre in ein anderes Stadium. Später schlossen sich an diese Beobachtungen Kölliker's Untersuchungen von Waldeyer**), Hertz***), Wenzel, Kollmann†). Alle diese Histiologen traten den Ansichten Goodsirs entgegen. Seitdem ist die Theorie von der Erhebung einer Schleimhautpapille in einer offenen Zahnrinne in Deutschland veraltet, während sie in England und Amerika noch heute für Viele massgebend ist.

Die Histiologen, deren Namen ich vorhin aufführte, stellten die Entstehung des Zahnes in einer offenen Zahnfurche mit Entschiedenheit in Abrede und brachten durch sorgfältige Beobachtungen die triftigsten Beweise dafür bei, dass die Zahnfurche wohl ausgekleidet sei von Epithel der Mundschleimhaut, welches überdies noch an der Zahnbildung in ganz bestimmter Weise participire. Von der Auskleidung der Zahnrinne mit dem Epithel der Mundschleimhaut überzeugt man sich, wenn man sich zur Untersuchung möglichst frische Embryonen zu verschaffen sucht. Bei vorgeschrittener Fäulniss ist freilich der Zusammenhang des Epithels mit der Mucosa derartig gelockert, dass man es durch Unvorsichtigkeit leicht von seiner Unterlage abreissen kann. Man kann sogar mit einer Pincette die ganze Epithelschicht nebst Schmelzkeimen

*) Kölliker. Die Entwickelung des Zahnsäckchens der Wiederkäuer, Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie 1863. Bd. XII. S. 455.

**) Waldeyer. Untersuchungen über die Entwickelung der Zähne, Zeitschr. f. rationelle Medicin 1865. Bd. XXIV. S. 169—213.

***) Hertz. Untersuchungen über den feineren Bau und die Entwickelung der Zähne. Archiv f. patholog. Anatomie. Bd. XXXVII. S. 272—322.

†) Kollmann. Entwickelung der Milch- und Ersatzzähne beim Menschen. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie 1870. Bd. XX. S. 145 bis 235.

von der Mucosa abziehen. Das war auch wohl der Grund, weshalb Goodsirs stets die offene Zahnrinne bei seinen Untersuchungen vorfand; augenscheinlich untersuchte er in vorgeschrittener Fäulniss begriffene Embryonen. Er hatte das Unglück, das Epithel abzureissen. Aus diesem Befunde zog er seine Schlüsse.

Nachdem nun festgestellt war, dass die Zahnfurche nicht offen, sondern mit Epithel überzogen ist, ging man an die Untersuchung über den ersten Ursprung der Bildungselemente des Zahnes. Hier stehen sich nun die Ansichten der deutschen und französischen Histiologen gegenüber. So nehmen z. B. Guillot, Robin und Magitôt*) an, dass sich die Zahnkeime in den tieferen Schichten der Schleimhaut, in der Submucosa, und zwar unabhängig von allen anderen Theilen entwickeln. Nach dieser Ansicht soll somit das Epithel der Mundschleimhaut nicht betheiligt sein, das fötale Bindegewebe soll alle für die Zahnbildung nöthigen Elemente liefern.

Die deutschen Histiologen lassen die erste Anlage der Zahnkeime aus zwei verschiedenen Gewebselementen hervorgehen, und zwar zunächst vom Epithel der Mundschleimhaut, sodann vom fötalen Bindegewebe der Mucosa.

Die näheren Vorgänge, welche von den deutschen Forschern wohl beobachtet wurden, sind folgende. Um die achte Woche (etwa um den 60sten und 70sten Tag nach Kollmann**) des fötalen Lebens zeigen sich beim Menschen die ersten Anfänge der Zahnbildung, und zwar früher im Unterkiefer als im Oberkiefer. Das Epithel der Mundschleimhaut senkt sich in Form von zapfenartigen Verlängerungen in die Tiefe des Kieferwalles. Aus dem Grunde des Kieferwalles, von der Mucosa ausgehend, wächst eine Bindegewebspapille hervor. Beide Gewebe wachsen sich entgegen, bis schliesslich das in der Tiefe wuchernde Epithel sich über die Schleimhautpapille stülpt und diese umhüllt. Man hat nun eine von Epithel überkleidete Schleimhautpapille, welche man in diesem Stadium als Zahnkeim bezeichnet. Bald darauf beginnt das Bindegewebe in der Umgebung des Zahnkeims zu wuchern und schliesst denselben allmälig ein.

*) Robin und Magitôt. Memoires sur la genèse et le developpement de follicules dentaires chez les mamifères. Paris 1860—61. Journ. de Physiologie l'homme.

**) Kollmann. Siehe S. 154.

Diese Bindegewebsschicht wird als Zahnsäckchen bezeichnet. Die ersten Spuren desselben finden sich erst in der zwölften bis vierzehnten Woche. Zu dieser Zeit liegt der Zahnkeim schon in einer deutlichen knöchernen Rinne. Anfangs ist das Zahnsäckchen mit der Umgebung, welcher es seinen Ursprung verdankt, noch innig verwachsen; später erst tritt eine deutlichere Differenzirung dieser Gewebsschicht vom Mutterboden auf. Dann kann man das Zahnsäckchen aus seiner Alveole, welche vorerst noch ohne Querscheidewände ist, herausheben. In diesem Stadium kann man diese Membran als wirkliches „Säckchen" bezeichnen (wogegen übrigens Widerspruch erhoben ist*), denn sie umschliesst einerseits den Zahnkeim und grenzt sich andrerseits ziemlich deutlich von der Alveole ab. Es sind deshalb die gegen die Bezeichnung „Zahnsäckchen" erhobenen Widersprüche nicht begründet.

Anlage der Ersatzzähne.

Bevor ich zur Besprechung der einzelnen Gewebe des Zahnkeimes übergehe, muss ich noch der ersten Anlage der bleibenden Zähne gedenken.

Die erste Anlage geht fast ganz in derselben Weise vor sich, wie die der Milchzähne. Zur Bildung der Milchzähne senkt sich, wie schon vorn beschrieben ist, eine Epithelsprosse von der Mundschleimhaut in Form einer zapfenartigen Verlängerung in die Tiefe des Kieferwalles. Das Mundhöhlenepithel bleibt nun noch im Zusammenhange mit dem von ihm gebildeten Schmelzkeim, und zwar durch einen epithelialen Verbindungsstrang. Die Zellen dieses Verbindungsstranges enthalten die zur Formation des Schmelzkeims des Ersatzzahnes nöthigen Elemente, und von ihnen geht auch in der That die erste Anlage dieses Keimes aus. Die Epithelzellen des Verbindungsstranges haben noch die Fähigkeit, neue Zellen zu produciren. Sie beginnen zu wuchern und erscheinen schliesslich als zapfenartige Verlängerung, welche dem Verbindungsstrange ansitzt. Die neu gebildeten Epithelzellen senken sich in die Tiefe des Kieferwalles, ihnen entgegen wächst eine von der Mundschleimhaut gelieferte, aus fötalem Bindegewebe bestehende

*) Siehe Waldeyer-Henle's Zeitschrift S. 201.

Papille. Ueber diese Papille stülpt sich nun ganz in derselben Weise, wie vorher bei den Milchzähnen, das Epithel, umhüllt sodann als Schmelzkeim die Papille (Dentinkeim).

Später beginnt die Bildung des Zahnsäckchens, welche übrigens ganz in derselben Weise vor sich geht, wie bei den Milchzähnen.

Die Ersatzzähne entwickeln sich seitlich von den Milchzähnen.

Es giebt eine Zeit, da beide Schmelzkeime untereinander und mit dem Mundhöhlenepithel in Verbindung stehen. Das sahen die früheren Beobachter und deuteten die aus der Tiefe des Kieferwalles zur Oberfläche führenden Epithelstränge als für den Zahndurchbruch wichtige Organe. Sie sollten hier als Leitbänder, Gubernacula, dienen. Das ist jedoch nicht der Fall, denn lange vor dem Durchbruche des Zahnes gehen die Stränge zu Grunde. Die Schmelzkeime werden dadurch isolirt und wachsen nun für sich fort. Die Zellen des Verbindungsstranges werden vernichtet*). Man trifft dieselben vereinzelt oder in grösseren Nestern, welche mitten in der Mucosa liegen. Die Anordnung der Epithelzellen an solchen Fundorten kann den unerfahrenen Beobachter leicht täuschen, und es ist wohl nicht befremdend, wenn man drüsige Organe hier zu erkennen glaubt. So erging es in der That Serres**), welcher diese zerstreuten Epithelzellen des Verbindungsstranges als Drüsen betrachtete, welche den Zahnstein absondern sollten. Er nannte sie demnach Glandulae tartaricae.

Der Zahnkeim wächst nun in allen Theilen fort und erreicht schliesslich die Grösse des zukünftigen Kronentheiles des Zahnes. Kurz vor Beginn der Ossification hat der Zahnkeim beinahe die volle Kronenlänge erreicht.

Wir wollen jetzt die einzelnen Gewebe, welche den Zahnkeim zusammensetzen, genauer betrachten und ihr Verhalten bis zu Ende ihrer Thätigkeit untersuchen.

Schmelzbildung.

Wir sahen, dass die ersten Anfänge des Schmelzkeimes aus einer Epithelialsprosse hervorgehen. Diese Epithelzellen müssen

---

*) Siehe Kölliker. S. 167.

**) Serres. Essai sur l'anatomie et la Physiologie des dents ou nouvelle théorie de la dentition. Paris 1817.

mehrfache Veränderungen erfahren, ehe sie das fertige Schmelzorgan, welches zur Ablagerung des Schmelzes tauglich ist, vorstellen.

Schon in der frühesten Zeit der Entwickelung unterscheidet man am Schmelzkeim deutlich drei Schichten, 1) ein inneres Epithel, welches aus Cylinderzellen besteht, 2) ein äusseres Epithel, welches Pflasterzellen zeigt. Zwischen beiden Schichten finden sich runde Zellen des Rete Malpighi. Die Cylinderepithelzellen liegen unmittelbar auf der Schleimhautpapille, dem späteren Dentinkeim.

Vor Anfang der Ossification muss das Schmelzorgan die volle Grösse erreicht haben, es muss sich also von mikroskopischen Anfängen an bis zur Grösse der späteren Schmelzschicht vergrössern. In den Schichten der Epithelzellen müssen demnach beim Wachsthum des ganzen Organs neue Zellen erzeugt werden, was wahrscheinlich durch Theilung der bestehenden Zellen geschieht*). Ebenso müssen sich die Zellen der mittleren Schicht, welche aus dem Rete Malpighi stammen, vermehren. Diese anfangs runden Zellen erhalten später viele Ausläufer und erscheinen dann sternförmig. Dieses Aussehen hat wohl nicht wenig dazu beigetragen, dass man das Schmelzorgan nicht als Product des Epithels, sondern des Bindegewebes ansehen wollte.

Eine besondere Bedeutung erlangt die Schicht der Cylinderzellen des inneren Epithels, denn sie vermittelt direct die Schmelzbildung und wird deshalb als Membrana adamantina bezeichnet. Die sternförmigen Zellen der mittleren Schicht sind bestimmt, als Nachfolger der Cylinderzellen, welche bei der Schmelzablagerung zu Grunde gehen, einzutreten. Man nennt deshalb diese modificirten Zellen des Rete Malpighi „Schmelzpulpa“. Zwischen der Membrana adamantina und der Schmelzpulpa findet sich noch eine Zellenschicht, welche den nächsten Ersatz für die zu Grunde gegangenen Schmelzzellen bietet. Diese Schicht nennt man Stratum intermedium.

Die Cylinderzellen des inneren Epithels werden also zu den Schmelzzellen. Der Schmelz wird bekanntlich, wie auch Zahnbein

*) Kölliker. Handbuch der Gewebelehre des Menschen. V. Aufl. 1867. S. 385.

und Knochen, durch Ablagerung von Kalksalzen gebildet. Ueber den Modus dieser Kalkablagerung ist man aber noch keineswegs einig. Einige Autoren behaupten, dass die Schmelzzellen selbst Kalk aufnehmen, selbst verkalken. Andere, wie Kölliker*) und Kollmann nehmen an, dass durch die Schmelzzellen nur die Kalkausscheidung vermittelt wird, dass sie aber nicht selbst verkalken. Die Kalksalze sollen demnach zwischen den Zellen abgelagert werden. Für diese Ansicht scheint mir folgender Umstand sehr beweisend. Man kann nämlich durch Entkalkung von Schmelzschliffen, vermittelst Mineralsäuren niemals Elemente isoliren, welche den Schmelzzellen gleichen. Jeder, der die Auflösung des Schmelzes bei Behandlung mit Säuren mikroskopisch untersucht hat, weiss, dass sich derselbe stets vollkommen löst, ohne Spuren von zelligen Elementen zu hinterlassen. Wären nun aber die Zellen direct verkalkt, so müssten die Zellenmembranen nach Extraction der Kalksalze wieder isolirt werden können. Dadurch wird mithin bewiesen, dass die Schmelzzellen nicht selbst verkalkt, sondern unter dem Verkalkungsprocesse zu Grunde gegangen sind.

Zwischen dem fertig gebildeten Schmelze und den Schmelzzellen findet man eine feine Membran, welche sich, wie Huxley**) zuerst gezeigt hat, isolirt darstellen lässt. Es wurde diese Membran von einigen Beobachtern wiedergefunden, während sie andere nicht sahen. Tomes***), welcher zu den Letzteren gehörte, ist der Meinung, dass es sich bei dieser Membran wohl um ein durch die Präparation erzieltes Kunstproduct handele. Erst Kollmann†) wies nach, dass es nur auf die Präparationsmethode ankomme, ob man ein derartiges Häutchen darstellen kann oder nicht. Er beweist uns, dass diese von Huxley sogenannte Membrana praeformativa ein Kunstproduct ist. Sie besteht aus den vereinigten Zellendeckeln der Membrana adamantina.

---

*) Kölliker. Handbuch S. 385.

**) Huxley. On the development of teeth and on the nature and import of Nasmyth's persistent capsula. Chuat. Journal of mikrosk. Sc. Vol. III. 1854. S. 149.

***) J. Tomes. Ein System der Zahnheilkunde, übersetzt von A. zur Nedden 1861.

†) Kollmann. Siehe Seite 199.

Der fertige Schmelz besteht, wie ich hier als allgemein bekannt nur flüchtig zu bemerken brauche, aus mit 5—6seitigen Prismen von 3—5 μ Breite. Diese Prismen oder Schmelzfasern sind ohne deutlich erkennbare Zwischensubstanz an einander gefügt, haben einen wellenförmigen Verlauf und scheinen deshalb quer gestreift; doch ist diese Querstreifung eben nur der optische Ausdruck des wellenförmigen Verlaufs.

Ueber das Vorkommen des Schmelzes an den Zähnen verschiedener Säuger werde ich weiter unten Näheres beschreiben.

Den Schmelz bedeckt bei allen Säugern eine Gewebsschicht, welche beim Menschen als Schmelzoberhäutchen bezeichnet wird. Ueber dieses Häutchen ist man im Allgemeinen noch sehr im Unklaren. Hierüber muss ich mich ausführlicher aussprechen.

Den Schmelz des Menschenzahnes überzieht ein feines structurloses, homogenes Häutchen von $^1/_{800}$—$^1/_{1000}$ Mm. Dicke, das sogenannte Schmelzoberhäutchen. Man isolirt es leicht vom Schmelze, wenn man den ganzen Zahn in Mineralsäure legt und die beginnende Auflösung des Schmelzes abwartet. Nach einigen Stunden schon hebt sich das besagte Häutchen ab. Es besitzt gegen chemische Agentien eine grosse Resistenz und wird durch Säuren nicht angegriffen; ebenso bleiben die kohlensauren Alkalien ohne Einfluss; kochendes Kali oder Natron lockert den Zusammenhang.

Man hat über den Charakter des Schmelzoberhäutchens sehr verschiedene Meinungen. So behauptet z. B. Waldeyer, es handele sich dabei nur um Zellen des Mundepithels, welche zusammengedrückt erscheinen. Freilich scheinen dem Zahne zuweilen Epithelzellen anzuliegen, doch ist das gewiss nur der Fall bei eben durchgebrochenen Zähnen. Bei älteren Zähnen überzeugt man sich, dass von Epithelzellen bei diesem Schmelzoberhäutchen nicht die Rede sein kann.

Kollmann leitet dieses Häutchen von der Membrana praeformativa Huxley's ab. Es handelt sich demnach um die Frage, ob das Schmelzoberhäutchen ein Product des Schmelzorgans oder, wie unter Anderen auch ich behaupte, des Cementorgans (Zahnsäckchen) sei.

Vergleichen wir zunächst dieses Häutchen, welches den Schmelz des Menschenzahns überzieht, mit dem Gewebe, welches den Schmelz der grösseren Säuger, z. B. des Pferdes, des Rindes u. s. w. bedeckt.

Bei den genannten Thieren finden wir eine Bedeckungsschicht, welche im späteren Alter eine beträchtliche Dicke erreicht. Diese Schicht besteht, wie die mikroskopische Untersuchung zeigt, aus Knochenzellen; es handelt sich demnach um ein Knochengewebe, welches wir in dieser Form an der Zahnwurzel wiederfinden. Man nennt deshalb zum Unterschiede vom Cement der Wurzel diese Schicht „Kronencement." Man ist übrigens in diesem Falle ausser Zweifel, dass ein besonderes Cementorgan (das Zahnsäckchen) die Knochensubstanz abgelagert hat.

Beim Menschenzahne findet man, wie schon gesagt, an Stelle des Kronencementes der grösseren Säuger nur ein structurloses Häutchen, welches keine Zellen führt, doch finden hier in wenigen seltenen Fällen Ausnahmen statt. Jedenfalls ist die überaus geringe Dicke des Schmelzhäutchens die Ursache, weshalb es hier nicht zur Entwickelung von Knochenzellen kommen kann, so dass mithin nur eine dünne Schicht geliefert wird. Wir finden aber an Stellen, wo das Schmelzoberhäutchen einen grösseren Durchmesser erreicht, selbst an Menschenzähnen unzweifelhafte Knochenkörperchen, namentlich in den Fissuren an der Kaufläche der Mahlzähne. Knochen grösserer Masse wurden erst vor kurzer Zeit in einem Falle von Mühlreiter*) nachgewiesen. Einen zweiten Fall beobachtete ich kurze Zeit darauf. Beide Fälle beziehen sich auf kleine obere Schneidezähne. An derartigen Zähnen bestehen Einstülpungen des Schmelzes, welche sehr lebhaft an die Schmelzfalten anderer Säuger erinnern. Beim Pferde und Rinde z. B. ist der Raum zwischen den Schmelzfalten mit Cement, welches sich dort in noch nicht näher gekannter Weise entwickelt, angefüllt. Ebenso finden wir an den erwähnten Schneidezähnen mit Schmelzfalten in dieser Faltung deutliches Cement. Diese Anwesenheit von Knochenkörperchen auf dem Schmelze der Menschenzähne legt jedenfalls die Annahme sehr nahe, dass bei der Production dieses Gewebes dieselben formativen Elemente thätig sind, wie bei den Thierzähnen, und das ist das Zahnsäckchen.

Gerade auf die in Schmelzfalten an der Zahnkrone vorkommen-

---

*) E. Mühlreiter. Deutsche Vierteljahrsschrift für Zahnheilkunde 1873. S. 367—372.

den grösseren Anhäufungen deutlicher Knochenzellen glaube ich ein grosses Gewicht legen zu müssen.

Die dünne Schicht des Schmelzoberhäutchens, welches ich also für Cement halte, scheint vor dem Durchbruche des Zahnes gebildet worden zu sein; das Zahnsäckchen fand nicht mehr Zeit ein vollkommeneres Gewebe zu produciren. Bis zu diesem Punkte ist die Entwickelung des Schmelzoberhäutchens bei den Zähnen des Menschen und der anderen Säuger ganz analog, denn der Schmelz beim Pferde und Rinde ist kurz nach dem Durchbruche des Zahnes ebenfalls nur mit einer sehr dünnen Cementschicht überzogen. Während nun aber das cementbildende Organ an der Krone des Menschenzahnes seine Thätigkeit einstellt, wird bei den Zähnen der genannten Säuger (sowohl an der Krone, als auch an der Wurzel, fortwährend Cement gebildet. So sehen wir z. B. beim Rinde die Schmelzfalten noch ohne Cement. Die Schmelzfalten werden sogar vorläufig mit Futterresten ausgefüllt; dennoch bildet sich in denselben (unter dem Futter) Cement. Ferner beobachten wir eine mit dem Alter des Thieres stets zunehmende Verdickung des Kronencementes, welches bei Pferden oft zu so üppiger Wucherung*) (Schieferzähne) Veranlassung giebt, dass das Thier nicht Nahrung zu sich nehmen kann, ohne sich mit dem Knochenauswuchse, welcher weit über die Krone hervorragt, die Maulschleimhaut zu verletzen. Die gleichmässige Verdickung des Kronencementes ist bei den älteren Thieren fast ein normaler Vorgang. Die Dicke der Cementschicht bei Pferden und Rindern erreicht dann oft über 3 Millimeter.

Augenscheinlich ist bei den genannten Thieren das cementbildende Organ während des ganzen Lebens thätig. Ich habe mich bisher schon sehr bemüht, ein solches Cementorgan und den Zusammenhang der Bildung des Kronencementes im späteren Leben zu finden. Ich beobachtete wohl eine Reihe anderer interessanter Facta, in Bezug auf den gesuchten Punkt aber fand ich nichts. Ich kann mich hier mit Linderer trösten, welcher in Gemeinschaft mit Johannes Müller die Bildung des Cementes in den Schmelzfalten lange Zeit hindurch auf das Sorgfältigste studirte,

---

*) Charles S. Tomes. Description of an Odontome, Transactions of the odontological Society of Great-Britain. 1872. S. 105.

ohne dass er irgend welches greifbare Resultat erzielt hat. Vielleicht haben andere Beobachter bei diesen überaus interessanten Untersuchungen mehr Glück.

Es ist also das Schmelzoberhäutchen als Product des Zahnsäckchens anzusehen. Dieser Anschauung steht noch der Umstand im Wege, dass das Häutchen sich gegen Säuren, mit welchen man es vom Schmelze isoliren kann, ganz indifferent verhält. Der Knochen wird aber durch die Säuren aufgelöst, deshalb glaubte man das gegen die Agentien widerstandsfähige Häutchen nicht als Knochen ansehen zu dürfen. Ich wies jedoch bereits darauf hin, dass auch wirkliches Cement, welches gegen die Säuren durchaus nicht widerstandsfähig ist, in vereinzelten Fällen vorkommt.

Eine vor Kurzem erschienene sehr interessante Arbeit von Charles Tomes*) giebt uns über diese Verhältnisse genügende Auskunft. Tomes beweist uns, dass diese Resistenz des Schmelzoberhäutchens beim Menschen einfach davon herrührt, dass die dünne Knochenschicht verhornt. Es handelt sich demnach bei dem Schmelzoberhäutchens um eine durch Verhornung modificirte, sehr dünne Knochenschicht, welche vom Zahnsäckchen abgelagert wurde.

Wurzelcement.

Von der Beschreibung des Kronencementes gehe ich sogleich zum Wurzelcement über.

Die Beschreibung der allgemein bekannten Structurverhältnisse kann ich hier umgehen. Man findet dieselbe sehr ausführlich in Kölliker's Handbuch der Gewebelehre behandelt. Ich will hier nur meine Studien über einige weniger bekannte Vorgänge mittheilen.

Das Cement, Substantia osteoidea, wird nach der allgemeinen Annahme von dem Zahnsäckchen, welches nach dem Austritte der Zahnkrone aus dem Kiefer zum Periost der Wurzel wird, gebildet. Die Zellen des Zahnsäckchens, welche der Zahnwurzel unmittelbar

*) Charles S. Tomes. On the nature of the cuticula dentis. Nasmyth's membrane. Chuarterly Journal of mikroskopical Science, Vol. XII. S. 321—325.

anliegen, werden zu den Osteoblasten, durch deren Verknöcherung das Cement entsteht. Nach einer früheren von Hannover mitgetheilten Ansicht, welcher merkwürdiger Weise Albrecht in einer früheren und sogar in einer erst kürzlich veröffentlichten Arbeit huldigt, sollen die Bindegewebszellen des Zahnsäckchens vor der Ossification eine Umwandlung zuerst in Faserknorpel, sodann aber in hyalinen Knorpel erfahren. Erst durch Ossification des Knorpels soll das Cement entstehen. Ich erspare mir die Beschreibung des sehr complicirt gedachten Umwandlungsprocesses.

Von den knorpelig präformirten Knochenweiss man, dass sie sich gerade umgekehrt verhalten, nämlich, dass sie aus wirklichen Bindegewebszellen hervorgegangen sind, welche von Knorpelzellen abstammen. Weshalb nun die Bindegewebszellen des Zahnsäckchens vor der Ossification zu Knorpelzellen werden müssen, dafür ist kein Grund vorhanden. Ich habe das Zahnsäckchen, die Wurzelhaut und das Cement in jeder Stufe der Entwickelung beobachtet, habe aber niemals Knorpelzellen gesehen. Ebenso scheint es anderen Beobachtern gegangen zu sein, denn ich finde an keiner Stelle, mit Ausnahme von Albrecht, die Hannover'sche Auffassung vertreten.

Die Ablagerung der Knochensubstanz variirt bei den verschiedenen Säugern sehr erheblich. Das Cement wird stets in concentrischen Lamellen rund um die Zahnwurzel abgelagert. Bei den meisten Säugern ist es mit dem Zahnbeine sehr fest verbunden; bei anderen trennt sich das Cement sehr leicht von der Zahnwurzel, z. B. beim Elephantenzahn, wo sich das Cement oft spontan in grösserem Umfange vom Zahnbeine ablöst.

Was den Umfang der Cementablagerung betrifft, so haben wir wieder beim Menschenzahne die einfachsten Verhältnisse. An dem der Zahnkrone zunächst gelegenen Theile der Zahnwurzel (Zahnhals) ist die Cementschicht so dünn, dass sie (wie beim Schmelzoberhäutchen) nur als eine structurlose, homogene, transparente Gewebsschicht erscheint. Diese Cementschicht ist so dünn, dass sie noch keine Knochenkörperchen enthalten kann. Erst weiter unten, etwa im oberen Viertel der Wurzel treten die Knochenkörperchen auf mit einer einfachen Schicht, welche als Lamelle um den Zahn gelegt ist. Erst im unteren Viertel treten zwei, ganz unten, noch an der Wurzelspitze, mehrere concentrische Lamellen auf.

Wie beim Pferde, beim Rinde und anderen Säugern eine mehr minder dicke Lage von Cement die Krone überzieht, so sehen wir auch bei diesen Thieren eine entsprechend dicke Cementschicht die Wurzel umkleiden. Die zahlreichen Knochenlamellen sind gleichfalls concentrisch um den Zahn geschichtet.

Auf den ersten Blick unterscheidet sich also die Substantia osteoidea von dem Knochen durch das Fehlen der Havers'schen Canälchen. Diejenigen, welche ausschliesslich Menschenzähne zum Ausgangspunkte für ihre Untersuchungen wählten, vermissten auch wohl die Lamellensysteme und sahen diesen Mangel als weiteres Unterscheidungsmerkmal zwischen Cement und Knochen an. Dieser Unterschied besteht aber in Wirklichkeit nicht, denn an den Zähnen der grösseren Säuger sind viele concentrisch geschichtete Lamellen vorhanden.

Das Fehlen der Havers'schen Canälchen ist ebenfalls kein stichhaltiges Unterscheidungsmerkmal, denn wir finden dieselben, obwohl unter eigenthümlichen Umständen, gleichfalls wieder. Man hat die im Cement vorkommenden Canälchen, welche ich aus näher zu erörternden Gründen für wirkliche Havers'sche Canälchen halte, einfach als Gefässcanäle bezeichnet. Man kennt die Art und Weise der Entstehung solcher Canäle nicht genau und glaubt, es seien nur Gefässe in ihnen enthalten. Kölliker schreibt über die Havers'schen Canälchen im Cement: Sie sollen hauptsächlich im hyperostetischen Cement vorkommen und eine so geringe Weite (9 — 22 μ) haben, dass sie ausser einem Blutgefässe Mark wohl nicht beherbergen können. Mit diesen Angaben stimmen meine Beobachtungen nicht ganz überein, denn die Canälchen haben nicht gar selten, selbst in Menschenzähnen, bis zu 1 Mm. Durchmesser. Man kann sich, wenn man viele Wurzelquerschnitte untersucht, bald überzeugen, dass neben den Gefässen auch noch ein deutliches Bindegewebe die Havers'schen Canäle ausfüllt. Die Entwickelung derartiger Canäle liefert neben der directen Beobachtung den positiven Beweis, dass Bindegewebe in solchen Hohlräumen eher vorhanden ist, als Gefässe.

Es ist eine längst bekannte Thatsache, dass feinere, mit blossem Auge sichtbare und auch mikroskopische Canälchen häufig in den Zähnen der grösseren Säuger, ja selbst in der dünnen Cement-

schicht der Menschenzähne aufgefunden werden. Schon Retzius und Linderer berichten darüber.

Bevor ich die Bildung der Havers'schen Canälchen im Cement ausführlicher beschreibe, muss ich auf die gleichen Vorgänge im Knochen zurückkommen, denn dadurch wird das Verständniss für die Vorgänge im Cement wesentlich erleichtert, die Frage aber zum grossen Theil in sehr einfacher Weise erledigt.

Uns interessirt hier die Art der Einschmelzung des bereits fertig gebildeten Knochengewebes im knorpelig präformirten Knochen.

Die meisten Knochen des Skelets, mit Ausnahme der Gesichtsknochen, gehen aus einer knorpeligen Anlage hervor, sie sind knorpelig präformirt. Der Knorpel hat aber nur eine vorübergehende Bedeutung. Die Entwickelung des Knochens aus Knorpel geht in folgender Weise vor sich. Die Knorpelzellen verkalken zunächst und stellen nun ein Knochengewebe dar, welches für die Knochenbildung eine nur provisorische Bedeutung hat, denn der bereits fertig gebildete Knochen wird wieder vernichtet. Die Resorption wird dadurch eingeleitet, dass die in der knöchernen Grundsubstanz eingeschlossenen Knorpelzellen anfangen, sich vielfach zu theilen. Durch ihre Vermehrung bringen sie schliesslich den Knochen zum Schwund. Die aus den Knorpelzellen hervorgegangenen Tochterzellen sind Bindegewebszellen, welche nun vorläufig die durch die Einschmelzung des Knochens entstandenen Hohlräume ausfüllen. Die Zellenmassen sondern sich nun in verschiedene Gruppen. Ein Theil der Zellen wird zu Osteoblasten, der andere zu Markzellen. Die Osteoblasten gruppiren sich concentrisch um gewisse Organisationscontra und verknöchern dann. Es verknöchert Schicht um Schicht auf diese Weise. Es entstehen dadurch die Lamellen, welche also concentrisch um einen Hohlraum gelagert sind. Dieser Hohlraum ist mit Markzellen angefüllt und stellt ein Havers'sches Canälchen dar.

Ganz ähnlich wie die Bildung der Havers'schen Canälchen im Knochen ist im Cement die Entstehung der sogenannten Gefässcanäle, welche ich als wirkliche Havers'sche Canälchen auffasse. Die concentrisch um das Zahnbein verlaufenden Cementschichten sind mit der Rindenschicht des Knochens zu vergleichen. Die Einschmelzung erfolgt in unserem Falle in ganz ähnlicher Weise. An manchen Präpa-

raten wird es sehr deutlich, dass die Knochenzellen des Cementes selbst — ähnlich wie die Knorpelzellen im knorpelig präformirten Knochen — beginnen zu wuchern, um durch ihr Wachsthum die umgebende Knochensubstanz allmälig zu vernichten. Durch Wucherung mehrerer Zellen entstehen grössere Ausschmelzungsräume, welche alsbald mit dem Wurzelperiost in Verbindung treten.

Die Beobachtung, dass das Periost andererseits an manchen Stellen selbst in das Cement hineinwuchert, kann man, wenn man sich mit derartigen Studien beschäftigt, sehr bald machen. Man erkennt das daran, dass das Cement in solchen Fällen bis auf die resorbirte Partie keine weitere Veränderung zeigt. Die Knochenlacunen erscheinen eben so wenig verändert, wie die in ihnen eingeschlossenen Knochenzellen. Bis auf die Howship'schen Lacunen, welche natürlich auch hier für die bestehende Resorption Zeugniss geben, ist das Cement in der Umgebung der Resorptionsstelle unverändert. Dasselbe scheint sich demnach bei dem Resorptionsprocesse ganz passiv zu verhalten. Ich hebe dieses Factum hervor, denn es kommen andererseits auch, wie ich bereits mittheilte, Fälle vor, wo nachweislich die Knochenzellen durch Theilung und Vermehrung die Grundsubstanz verdrängen und allmälig zur Resorption bringen.

Die Thatsache, dass im Verlaufe der normalen Entwickelung des Knochens die sich vermehrenden und wuchernden Knochenzellen die Grundsubstanz vernichten und grössere Ausschmelzungsräume hervorbringen, ist längst bekannt. Auf pathologischem Gebiete sind in neuerer Zeit von Heitzmann*) und Anderen sorgfältige Beobachtungen veröffentlicht worden, welche beweisen, dass im entzündeten Knochen die Zellen sich theilen und durch Wucherung die Grundsubstanz in mehr minder grosser Ausdehnung zur Resorption bringen.

Am Cement beobachtet man also auch bei der Entstehung der sogenannten Gefässcanäle Resorptionsprocesse, welche durch Hineinwuchern des Wurzelperiostes in das Cement durchgeführt werden. Diese Beobachtung, von deren Richtigkeit ich mich oft überzeugt, findet ihre Stütze in neueren Arbeiten, welche sich die Aufgabe gestellt haben, den Nachweis zu führen, dass der präformative Knochenknorpel durch hineinwuchernde Gewebszapfen vom Periost

*) Wiener medic. Jahrbücher. 1832. IV. Heft, S. 339—366.

oder Perichondrium zum Schwund gebracht wird. Aus den hineingewucherten Gewebszapfen des Periosts und des Perichondriums soll durch Ossification der definitiven Knochen hervorgehen. Die Bildungselemente für den Knochen sollen somit nicht Abkömmlinge der verknöcherten Knorpelzellen sein, sondern durch das hineinwuchernde Periost (resp. Perichondrium) geliefert werden. Dieser Auffassung hat sich auch in letzter Zeit Kölliker*) angeschlossen.

Die durch Resorption entstandenen Canäle im Cement werden oft bis zu 1 Millim. dick. Ich sah sogar in mehreren Fällen in Rindszahnwurzeln Ausschmelzungsräume, welche eine Ausdehnung von 2—3 Millim. erreichten. Sie waren mit Bindegewebe angefüllt. Oft ist die Cementschicht der Zahnwurzel von so vielen Canälen durchzogen, dass man dieselben schon bei der Betrachtung mit blossem Auge an dem porösen Aussehen der Wurzel erkennt.

Wir haben bisher den Verlauf der Einschmelzung betrachtet. Hat die Einschmelzung in diesen Canälen nun ihr Ende erreicht, so tritt, um die geschwundene Substanz zu ersetzen, ein Neubildungsprocess ein. Die nun sich entwickelnden Knochenschichten lagern sich aber in diesem Falle nicht mehr concentrisch um die Zahnwurzel ab, sondern concentrisch um den Canal, welcher dann mit seiner deutlichen concentrischen Schichtung zum wirklichen Havers'schen Canälchen wird. Ein solches Canälchen ist mit Bindegewebe und Gefässen angefüllt und wird, wie schon beschrieben, von mehreren concentrischen Knochenschichten umgeben.

Am Deutlichsten beobachtet man diese Vorgänge an den Zahnwurzeln alter Pferde. Man erkennt schon mit blossem Auge an Querschnitten die Knochenneubildungen, welche einen feinen Hohlraum umgeben, an dem opaken Aussehen. Die alte Cementsubstanz ist transparenter als die neugebildete, welche sich lappig in das alte Gewebe eingeschoben hat. Auch an Rindszähnen sieht man solche wirkliche Havers'sche Canälchen, obschon viel seltener als an Pferdezähnen.

Trotzdem ich viele Menschenzähne in Bezug auf diesen Vorgänge untersuchte, so gelang es mir doch nie, ein Präparat mit

*) Verhandl. der physik.-medic. Gesellschaft in Würzburg 1873. IV. Bd. I. Heft, S. 37—41.

wirklichen Havers'schen Canälchen zu erlangen. Durch Resorption entstandene, mit Bindegewebe angefüllte Canäle, welche schon mit blossem Auge zu erkennen waren, fand ich häufig; nur die Knochenneubildung vermisste ich in denselben. Damit will ich mich jedoch nicht zu der Annahme verleiten lassen, dass wirkliche Havers'sche Canälchen nicht vorkommen können. Die fortgesetzte Beobachtung wird auch wohl wirkliche Havers'sche Canälchen auffinden lassen, denn Neubildungen von Knochen an Resorptionsstellen, welche mehr die Oberfläche der Zahnwurzeln (an Milchzähnen und auch an bleibenden Zähnen) betreffen, sind ja durchaus keine Seltenheit.

Dass sich die neugebildeten Knochenschichten nach der Resorption auch concentrisch um einen bestehenden Hohlraum lagern können, sah ich an Milchzähnen vom Menschen und vom Rind. An diesen Zähnen war durch Resorption an einer Stelle der Wurzelcanal eröffnet. Um den Wurzelcanal waren nach Beendigung der Resorption mehrere concentrisch geschichtete Reihen von Knochenkörperchen abgelagert. Daraus erkenne ich die Wahrscheinlichkeit, dass sich nach Beendigung der Resorption um gegebene Canäle auch in Menschenzähnen Knochenschichten concentrisch ablagern können.

Wir sehen aus diesen Beobachtungen, dass das Cement ein dem Knochen durchaus analoges Gewebe ist. Es sind vor allen Dingen stets Knochenkörperchen enthalten. Diese fehlen freilich in den dünnsten Lagen des Cementes, z. B. an der ganzen Zahnkrone beim Menschen (Schmelzoberhäutchen) und ebenso am obersten Theile des Zahnhalses, dicht am Schmelz. Die Knochenkörperchen treten in concentrischen Schichten auf. Es umgeben mehrere Cementlamellen die Zahnwurzel. Ferner finden wir auch, obwohl unter eigenthümlichen Umständen, Canälchen, welche auf Grund ihrer Entwickelung als wirkliche Havers'sche Canälchen aufgefasst werden müssen. Wir haben mithin im Cement dieselbe Anordnung der Structurelemente wie im Knochen.

Es ist demnach wohl schwierig, einzusehen, weshalb man diese Knochensubstanz als „osteoid" bezeichnet hat. Es hat diese Benennung aber ihre entschiedene Berechtigung, wenn man die zuweilen sehr missgestalteten Knochenkörperchen im normalen Cement sieht. Ferner hat diese Benennung ja auch einen praktischen Werth für die Unterscheidung vom Knochen.

Formation des Zahnbeins.

Die Schleimhautpapille, welche sich zur Zeit der ersten Anfänge in den Schmelzkeim einstülpt, wird zum Organ für die Zahnbeinbildung. Diese Papille besteht, wie schon vorn bemerkt, aus fötalem Bindegewebe und muss daher eine erhebliche Veränderung erfahren, ehe sie für die Bildung des Zahnbeins geeignet ist. So sehen wir denn kurz vor der Bildung des Zahnbeines an der Schmelzgrenze eine Schicht eigenartiger Zellen, welche in ihrem Wesen den Epithelzellen ähnlich scheinen, auftreten. Diese Zellenschicht ist natürlich aus dem embryonalen Gewebe des Zahnbeinkeimes hervorgegangen und wird wegen ihrer unmittelbaren Betheiligung bei der Zahnbeinbildung als „Membrana eboris" bezeichnet. Die Bezeichnung „Membran" ist auf Widerspruch gestossen, weil es sich hier augenscheinlich nur um eine modificirte Zellenschicht des Dentinkeimes und nicht um eine Haut im eigentlichen Sinne des Wortes handelt.

Die Zellen der Membrana eboris heissen Elfenbeinzellen oder Odontoblasten. Sie sind nach Kölliker 35—54 μ lang und 4,5—10 μ breit und haben deutliche Kerne, welche einen oder mehrere Kernkörperchen enhalten. Dass diese Zellen als die Zahnbeinzellen anzusehen sind, gilt für ausgemacht, nur ist man, wie ich nachher beschreiben werde, über die Art und Weise ihrer Betheiligung bei dem Ossificationsprocesse noch nicht einig. An die Zahnbeinzellen reihen sich andere Zellen, welche durch Ausläuferchen im unmittelbaren Zusammenhange mit den Odontoblasten stehen. Diese letztgenannten Zellen enthalten grosse, deutliche Kerne mit Kernkörperchen. Man nimmt an, dass sie zum Ersatze für die bei der Zahnbeinbildung verbrauchten Zahnbeinzellen bestimmt sind.

Von den Odontoblasten gehen langgezogene Fortsätze ab, welche bei der Kalkablagerung eingeschlossen werden und später die Zahnfasern in den Zahnbeincanälchen vorstellen. Allmälig zieht sich die ganze Zahnbeinzelle in solchen fadenförmigen Fortsatz aus. Wahrscheinlich wird durch mehrere hintereinander gelagerte Zellen, welche sich in der bezeichneten Weise fadenförmig verlängern, je eine Zahnfaser gebildet.

Ueber den Modus der Verknöcherung ist man noch keines-

wegs einig. Im Allgemeinen hat man drei verschiedene Hypothesen darüber aufgestellt. Nach der ersten Ansicht sollen die Elfenbeinzellen direct verkalken; die zweite Hypothese lässt das verknöchernde Secret von der Pulpa liefern, während man drittens die Zahnbeinzellen die Ausscheidung und Ablagerung der Kalksalze des Zahnbeins besorgen lässt. Das sind also drei grundverschiedene Ansichten.

Was die erste Hypothese anbetrifft, so möchte ich nicht an eine unmittelbare Verkalkung der Zahnbeinzellen glauben, und zwar aus dem Grunde, weil man ja die Zahnbeinzellen in Form der Zahnfasern zu jeder Zeit isoliren kann, wenn sie nicht durch pathologische Processe verloren gingen. Das beweist nun, dass im Zellenleibe selbst keine Kalksalze abgelagert wurden, und dass die Zelle nur in einer starren Grundsubstanz eingeschlossen wurde.

Die dritte Ansicht, dass die Elfenbeinzellen das verknöchernde Secret liefern (oder wenigstens die Ausscheidung vermitteln) sollen, scheint gleichfalls unhaltbar, wenn man sich auf einige Abnormitäten in der Zahnbeinentwickelung bezieht. So kommt z. B., wie schon Hohl*) sehr treffend bemerkt, in Zahnbeinneubildungen ein Zahnbeingewebe vor, welches, seiner Masse entsprechend, zellige Elemente nur in überaus geringer Menge enthalte. Derartiges Zahnbein besteht oft nur aus ganz regelmässig gebildeter, ganz homogen erscheinender Grundsubstanz mit sehr wenigen Canälchen. Wir finden, wie ich mich in vielen Fällen überzeugte, diese Verhältnisse sehr oft. Bei den Zahnbeinneubildungen in der Pulpa kommt es vor, dass Zahnbeinkugeln von 1 □Millimtr. Durchmesser kaum 3—4 ganz kurze Canälchen enthalten. Diese wenigen Canälchen können ganz unmöglich eine so grosse Menge von Kalksalzen ausgeschieden haben, wie sie für die Bildung der betreffenden Zahnbeinkugeln nöthig waren. Ferner muss ich hier noch der Verhältnisse in der inneren, wie marmorirt erscheinenden Zahnbeinpartie im Stosszahne des Trichechus rosmarus gedenken. Diese innere Partie besteht aus vielen Zahnbeinsäulen, deren jede einen eigenen Organisationsmittelpunkt hat. Es kommen hier Zahnbeinsäulen vor, welche nur aus ganz homogener Grundsubstanz be-

*) Hohl. „Ueber die Entwickelung der internen Odontome". Deutsch. Vierteljahrsschr. f. Zahnheilk. 1872. Bd. 21.

stehen, nicht selten ohne Dentincanälchen. Wenn ich diese Facta erwäge, so hat die zweite Hypothese, welche die Verknöcherung durch Ausscheidung von Kalksalzen von Seiten der Pulpa vor sich gehen lässt, die meiste Wahrscheinlichkeit für sich.

Die Verknöcherung des Zahnbeines erfolgt nun in der Art, dass die in einer protëinhaltigen Flüssigkeit gelösten Kalksalze sich in Form von Kügelchen ablagern (Globularmassen). Die Kügelchen können selbstredend den Raum nicht ausfüllen; es bleiben die Interglobularräume übrig. Die Kugelformation des Zahnbeins kann man an dem sich entwickelnden Zahne in den jüngsten Schichten der Bildung zu jeder Zeit sehen. Im weiteren Verlaufe werden auch die Interglobularräume von Kalksalzen erfüllt, und dann erhält die Grundsubstanz des Zahnbeins ein vollkommen homogenes Aussehen. Auf diese Weise bildet sich nun Schicht um Schicht des Zahnbeines.

Es ist nun fraglich, ob man überhaupt von Zahnbeinschichten sprechen darf. Das normale Zahnbein fast aller Säuger zeigt durchaus keine Schichtung, obschon eine solche durch eigenartige Linien oft genug vorgetäuscht wird. Es ist namentlich in neuerer Zeit durch Kollmann der Nachweis geführt worden, dass jene Contourlinien meist durch Knickungen der Zahnbeincanälchen hervorgebracht werden; seltener sind die Contourlinien durch Globularmassen. Von der Richtigkeit dieser Angaben kann man sich sehr leicht überzeugen. Eine eigentliche Schichtung wird also im normalen Zahnbein mit seiner homogenen Grundsubstanz vermisst. Dennoch beobachtet man, wie ich mich überzeugte, an mancher Stelle ganz deutlich eine Schichtung in feinen concentrischen Lenellen, so z. B. zuweilen in Zahnbeinneubildungen in Menschenzähnen, wo mitunter nur wenige Canälchen auftreten und Globularmassen gänzlich fehlen. Im Zahnbein des Stosszahnes vom Wallross, und zwar in der inneren Partie, welche, wie schon erwähnt, aus Säulen besteht, findet sich eine solche concentrische Schichtung. Die Zahnbeinsäulen erscheinen, oft bei Abwesenheit von Zahnbeincanälchen und Globularmassen, ganz homogen. Beobachtet man dieses Zahnbein aber sorgfältig, so findet man die concentrische Schichtung hinlänglich deutlich ausgeprägt. Ob eine solche concentrische Schichtung auch in dem Zahnbeine der anderen Säuger besteht, lässt sich nicht nachweisen. Mit

unseren Hilfsmitteln erkennen wir eine homogene Zahnbeingrundsubstanz.

Die Globularmassen verschwinden durch weitere Ablagerung von Kalksalzen in den Interglobularräumen. In manchen Thierzähnen, z. B. beim Wallross, durchziehen aber Interglobularräume stets das ganze Zahnbein, während das bei den meisten anderen Säugern nur als nicht sehr seltene Anomalie vorkommt. Fast bei allen Säugern findet sich aber an der Grenze zwischen Zahnbein und Schmelz- und Zahnbein und Cement eine mehr minder ausgedehnte Lage von Interglobularräumen wieder.

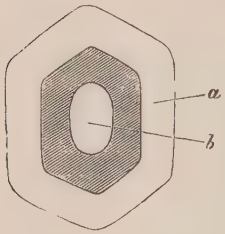
In dem fertigen Zahnbeine unterscheidet man eine harte, knöcherne Masse (Grundsubstanz) und Zahnbeinfasern, welche aus den Zahnbeinzellen hervorgingen. Die Zahnbeinfasern besitzen ihre eigenen Wendungen (Zahnschneiden), welche indessen nur modificirte Theile der Grundsubstanz vorstellen, denn sie sind resistenter und lassen sich deshalb, wie Neumann*) nachwies, isoliren.

Den Angaben der früheren Autoren über die Zahnscheiden muss ich noch ein neues, ganz besonders auffälliges Factum hinzufügen. Bekanntlich ist die Zahnscheide im Längsschnitt gar nicht, im Querschnitt ziemlich schwierig zu erkennen. Der geübtere Beobachter sieht die Zahnscheide immer, wenn er eine geeignete Beleuchtung wählt. Ganz besonders deutlich wird aber die Zahnscheide durch ein neueres optisches Instrument, das sogenannte Sciopticum, dargestellt. Vermittelst dieses Instrumentes werden durch Petroleumbeleuchtung mikroskopische Präparate, welche vorher photographirt wurden, in ganz bedeutender Vergrösserung wiedergegeben. Das Instrument, welches nach dem Princip des Sonnenmikroskopes construirt ist, eignet sich zu Demonstrationen in grösseren Gesellschaften ausgezeichnet. In der Berliner zahnärztlichen Gesellschaft demonstrirte Dr. Grohnwald u. a. auch einen Zahnbeinquerschnitt. Es fielen vor allen Dingen bei dieser ausserordentlichen Vergrösserung eigenthümliche Structurelemente, welche eine deutlich sechseckige Begrenzung zeigten, auf. Ich erkannte die Sechsecke sogleich als die äusseren Contouren der Zahnscheiden, welche hier ganz deutlich für Jeden sofort erkenn-

*) Neumann. Beitrag zur Kenntniss des normalen Zahnbein- und Knochengewebes. 1863.

bar waren. Ich muss aber offen bekennen, dass ich nach meinen bisherigen Untersuchungen die Zahnscheiden für rundlich, nicht aber für so deutlich sechseckig gehalten hätte, wie dies die beigegebene Fig. 1 darstellt. In dieser Fig. sehen wir bei *a* die sechseckige Zahnscheide bei sehr starker Vergrösserung, wie man sie durch das Sciopticum erhält, abgebildet; bei *b* ist das Canälchen, welches von einem dunklen Ringe umgeben erscheint. Der dunkle Ring ist durch die in den Canälchen enthaltene Luft, welche mikroskopisch so dunkle Contouren zeigt, bedingt. Zwischen den Zahnscheiden ist deutlich die auch noch bei dieser Vergrösserung homogen erscheinende Grundsubstanz zu erkennen.

Fig. 1.



Hat man sich einmal davon überzeugt, dass die Zahnscheiden sechsseitig sind, so findet man bei genauer Beobachtung durch stärkere Vergösserungen sehr bald, dass die Zahnscheiden nicht rund, sondern eckig sind.

Wir kommen nun zur Besprechung der Systematisirung des Zahnbeines bei den verschiedenen Säugern.

Das Zahnbein der meisten Säuger besteht aus einem Zahnbeinsystem, d. h. das ganze Zahnbein ist von einer einzigen Pulpa aus gebildet und gruppirt sich um einen einzigen Hohlraum, welcher die Ueberreste des Zahnbeinkeimes, die Pulpa, enthält. Von diesem centralen Hohlraum aus verlaufen sämmtliche Canälchen nach der Peripherie des Zahnbeins. Diese Anordnung des Zahnbeins wird fast bei allen Säugern wiedergefunden; ausgenommen sind nur die Zähne einiger Edentaten und der Stosszahn des Wallross.

Unter den Edentaten, welche in Betreff der Zahnbildung von der Natur sehr kümmerlich bedacht worden sind, zeigen einige im Bau des Zahnbeins bemerkenswerthe Abweichungen von der gewöhnlichen Anordnung, z. B. die Zähne des Orycteropus.*) Bei diesen Zähnen finden sich nicht die einfachen Verhältnisse, wie bei den anderen Zähnen; vor allen Dingen vermisst man die

*) R. Owen. Odontography. Atlas Fig. 86. 1840.

einheitliche Entwickelung des Zahnbeins, welches nicht, wie bei anderen Säugern, gleichmässig um ein einziges Centrum gebildet wurde. Statt dessen beobachten wir eine Theilung des Zahnbeinkeimes in verschiedene, sehr zahlreiche Organisationscentra. Es entwickeln sich auf diese Weise eine grosse Anzahl von Zahnbeinsystemen, deren jedes seinen centralen, von der Pulpa ausgefüllten Hohlraum hat. So sehen wir an den Zähnen des Orycteropus eine Menge von aneinandergereihten Zahnbeinprismen, welche 4 bis 7seitig sind. Die einzelnen Prismen, welche den Zahn zusammensetzen, haben einen Dickendurchmesser, welcher ungefähr zwischen 0,2—0,6 Millimtr. schwankt. Im Längsschnitt, namentlich aber im Querschnitt sieht solches Zahnbein wie ein durchschnittenes Rohr aus.

Die mikroskopische Untersuchung des Zahnes vom Orycteropus lehrt, dass jedes Zahnbeinprisma seine eigene Pulpa mit dem ihr zukommenden Centralcanal hat. Der Centralcanal (und auch die in ihm enthaltene Pulpa) gleicht in seiner Form ganz genau der Zahnbeinwand, denn die Canalwendungen verlaufen den äusseren Wandungen parallel. Demnach sind auch die inneren Zahnbeinwände 4 bis 7eckig. Von jeder dieser vielen Pulpen verbreiten sich die Zahnbeincanälchen, welche einen deutlich centripetalen Verlauf einhalten. Die einzelnen Zahnbeinprismen sind durch eine transparente, homogene Zwischensubstanz innig untereinander verbunden. Diese Schicht, welche die einzelnen Zahnbeinsysteme scharf markirt, giebt ein Bild, welches sich fast mosaikähnlich ansieht, und verläuft rund um jedes Zahnbeinprisma als Grenzschicht.

Es fällt bei Betrachtung dieser Zähne auf, dass bei ihnen für die Vascularisation des Zahnbeins mehr gethan zu sein scheint, als bei dem Zahnbein der höher stehenden Säuger, deren Zahnbein der ganzen Dicke nach von einer Pulpa aus ernährt werden muss.

Eine höhere Stufe der Zahnbeinbildung weisen diejenigen Thiere auf, bei denen eine Mischformation vorkommt. Hier ist vor allen Dingen der Glyptodon zu nennen. Bei diesem Thiere wird das Zahnbein von einer Pulpa aus gebildet; sämmtliche Canälchen haben demnach einen centripetalen Verlauf, welcher sich gegen die in der Axe des Zahnes liegende Pulpa richtet. Diese sonst ganz reguläre Formation wird aber in der Mitte des Zahnbeins unterbrochen; statt Zahnbeingewebe werden einige

Schichten Knochen abgelagert. Ist die Knochenschicht zu der ihr zukommenden Dicke entwickelt, so beginnt wieder die Ablagerung von Zahnbein, welche nun bis zur Vollendung der Zahnwand in ihrer ganzen Dicke ohne weitere Unterbrechung vor sich geht.

Die Einschiebung von Knochen zwischen Zahnbeinschichten ist nicht befremdend für Denjenigen, welcher sich viel mit der vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Zähne beschäftigt hat. Ob nun in diesem Falle die Odontoblasten in Osteoblasten transformirt wurden, oder ob die Odontoblasten einfach zu Grunde gingen und an dieser Stelle durch Osteoblasten ersetzt wurden, lässt sich nicht entscheiden. Beim Glyptodon ist das Auftreten von Knochen mitten im Zahnbein Norm; bei den anderen Säugern kommt das nur als Anomalie vor. Ich beobachtete*) auch beim Menschen, beim Pferde und Rinde, dass die normale Zahnbeinbildung aufgehört und Ersatz gefunden hatte durch Anbau von Knochenschichten an der inneren Wand. In einem Falle fand ich in einem Pferdezahne nicht nur an der inneren Wand (am Centralcanal) Knochen statt Zahnbein, sondern selbst mitten im Zahnbein, wie das die beigegebene Fig. 2 zeigt.

Anfangs war ich nach den in der Literatur über derartige Fälle gegebenen Erklärungen sehr geneigt, solche Gebilde ohne Weiteres für Knochenneubildungen im Zahnbein zu erklären. Bei genauerer Betrachtung der Fig. 2 wird man aber finden, dass hier von einer Neubildung nicht die Rede sein kann; es handelt sich um ein Vitium primae formationis. Die Abnormität hielt folgenden Entwickelungsgang ein. Zuerst wurden einige Zahnbeinschichten abgelagert, sodann hörte in der betreffenden Stelle die Zahnbeinproduction auf; dafür wurde Knochen gebildet. Dann entwickelte sich wiederum das Zahnbein weiter, welches genöthigt war, sich dem bereits vorhandenen Knochen zu accommodiren. Die Zahnbeinzellen verliefen um die bestehenden Knochenmassen, wie das die Deviation deutlich genug beweist, und verknöcherten erst dann. Allmälig stellt sich nach Umgehung des im Wege liegenden Knochens der normale Verlauf der Canälchen her. Wedl bildet

*) Vgl. Deutsche Vierteljahrsschr. f. Zahnheilk. 1874. Bemerkungen über interstitielle Dentikel als Vitia primae formationis in übrigens normalen Zähnen. Anm. S. 259.

in seinem Atlas Fig. 63 u. 64 ein Präparat ab, wo gleichfalls eine solche Deviation der Zahnbeincanälchen, und zwar um Dentinkugeln besteht. Wedl hält diese Dentinkugeln für Neubildungen,

Fig. 2.

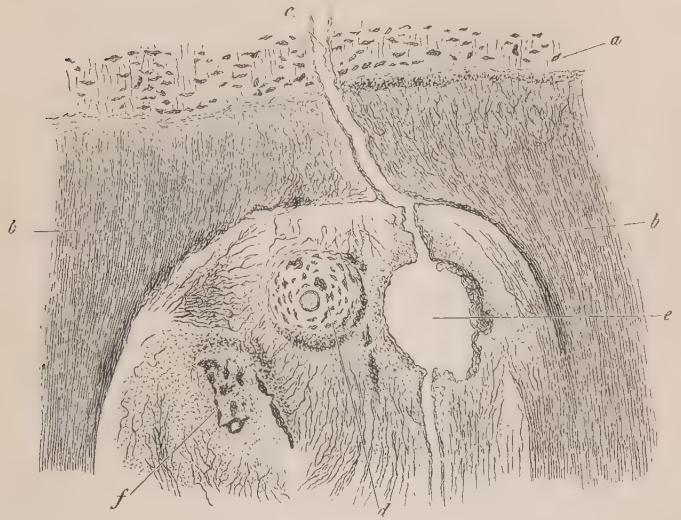


Fig. 2. Schliff aus der Wurzel eines Pferdezahnes. *a* Cement, *b* Zahnbein, dessen Canälchen im Bogen um ein deutliches Knochengewebe bei *d* verlaufen. Bei *e* ein Hohlraum, welcher auch ein Vitium primae formationis vorstellt und als nicht verkalkte Gewebspartie in dem fertigen Zahnbein aufzufassen ist. Ich hatte derartige Hohlräume in Menschenzähnen mehrfach gesehen. Unzweifelhaft sind manche Höhlen (sogen. Zahnbeinabscesse) in Elephantenzähnen derartige Bildungsfehler, während andere erst in Folge eines Rückbildungsprocesses entstehen, was man ja auch bei Menschenzähnen beobachtet. *f* Globularmassen. *c* ein Riss im Präparat.

während ich sie als Vitia primae formationis ansehe. Doch darauf komme ich weiter unten noch einmal zurück.

Ich muss an dieser Stelle an eine früher von mir gegebene Abbildung*) erinnern, welche deutlich beweist, dass auch mitten im Zahnbein wirkliche Knochenneubildungen vorkommen.

In dem in Fig. 2 abgebildeten Präparat haben wir ein Analogon für die Bildung des Zahnbeins beim Glyptodon. Jedenfalls

*) Vgl. Deutsche Vierteljahrsschr. f. Zahnheilk. 1873. Vorläufige Mittheilungen über interstitielle Resorption im Zahnbein, S. 87—90 und 312—317.

ist die Feststellung der Thatsache interessant, dass auch bei anderen Säugern Knochen an Stelle der unterbrochenen Zahnbeinbildung eintreten kann, wie es beim Glyptodon Norm ist.

Einen Uebergang von den Zähnen mit vielen getrennten Pulpen zu denen mit einer einfachen Pulpa bildet der Stosszahn von Trichechus rosmarus. In dem Zahnbein dieses Thieres finden wir nämlich beide Formationen nebeneinander. Man unterscheidet hier zwei sich deutlich abgrenzende Substanzen. Die äussere Schicht, welche von den Elfenbeinschnitzern mit dem technischen Ausdruck „Rinde oder Fleisch“ bezeichnet wird, ist weiss, opak und gleicht dem äusseren Ansehn nach dem Zahnbein anderer Säuger vollkommen. Die innere Schicht wird „Kern oder Mark“ genannt. Sie ist gelblich, marmorirt, mehr transparent und hat mit dem Zahnbein keines anderen Säugers irgend welche Aehnlichkeit, was wenigstens das äussere Aussehn anbetrifft.

Was den mikroskopischen Befund der Rindenschicht anbetrifft, so findet man, dass sämmtliche Zahnbeincanälchen von der der Peripherie des Zahnbeins aus centripetal nach einem Punkt in der Mitte des Zahnes verlaufen. Dieses Zahnbein der Rindenschicht gleicht also in Bezug auf den Verlauf der Canälchen demjenigen anderer Säuger vollkommen. Als ein Zeichen der Unvollkommenheit sehe ich das massenhafte Auftreten von Interglobularräumen an, welche das Zahnbein seiner ganzen Dicke nach durchsetzen.

Ganz anders verhält sich mikroskopisch die innere, marmorirt aussehende Zahnbeinschicht im Wallrossstosszahne. Hier findet man eine Zerstückelung der Pulpa in eine grosse Menge kleinerer Organisationsmittelpunkte in ganz ähnlicher Weise wie beim Orycteropus. Um diese Organisationsmittelpunkte bildet sich nun das Zahnbein in sehr zahlreichen, einzelnen Systemen. Das Gewebe dieser Schicht besteht aus einer grossen Menge von Säulen, welche durch eine Ausfüllungsmasse von Zahnbein mit einander verbunden sind; jede Säule ist ein Dentinsystem für sich. Die Zahnbeinsäulen zeigen, je nach dem Stadium, in welchem man sie untersucht, grosse Verschiedenheiten. Die ganz fertigen Säulen lassen meist eine zierliche, concentrische Schichtung erkennen und sind meist nur spärlich von Zahnbeincanälchen, welche an manchen Stellen sogar gänzlich fehlen, durchzogen. Die im Quer-

schnitt fast kreisrunden Zahnbeinsäulen sind stark transparent. An Stelle einer Pulpa findet man hier im Mittelpunkte einen dunklen, mehr minder winzigen Hohlraum, welcher mit amorphen Massen angefüllt zu sein scheint. Das theilweise oder gänzliche Fehlen der Zahnbeincanälchen beweist, dass die Zahnbeinzellen entweder in sehr geringer Anzahl angelegt waren, oder aber, dass sie während des Zahnbeinbildungsprocesses zu Grunde gingen.

Untersucht man einen Querschnitt von Säulen in einem frühen Stadium der Entwickelung, so erkennt man ganz deutlich, dass ein gefässhaltiges Bindegewebe als Pulpa in jeder einzelnen Zahnbeinsäule fungirt. In den fertigen Zahnbeinsäulen findet sich zwar noch ein centraler Hohlraum, welcher jedoch von amorphen Massen ausgefüllt ist oder aus Globularmassen besteht.

Die beiden in ihrer Textur so verschiedenen Zahnbeinsubstanzen im Stosszahn des Trichechus rosmarus werden (ähnlich, wie wir es beim Knochen finden) durch ein Zahnbeingewebe anderer Formation, welches hier gleichsam als Schaltmasse auftritt, verbunden. Dieses eingeschaltete Zahnbein accommodirt sich dem übrigen vollkommen und füllt die Zwischenräume, welche zwischen den Säulen übrig bleiben, aus. Die Canälchen dieses Gewebes richten sich ganz nach den bestehenden Zahnbeinsäulen und verlaufen rund um diese. Diese Schaltmassen machen den Eindruck, als ob es sich hier um ein sehr übereilt gebildetes, mangelhaftes Zahnbein handelte, denn die Interglobularräume herrschen hier beinahe vor.

Sehr interessant ist die Entwickelung des Wallrollzahnes. Zunächst beginnt die Entwickelung des Zahnbeins mit Anlage der Rindenschicht. Es wird, wie beim Zahnbein der meisten anderen Säuger, Schicht um Schicht producirt, bis diese die ihr zukommende Dicke erreicht hatte. In der inneren Zahnbeinpartie (im Kern) entspricht der Bildungsmodus ganz der späteren Structur. Wir sehen demnach von den bereits) fertig gebildeten Theilen (also von der Spitze des Zahnes zunächst lange Säulen von den verschiedensten Stellen auswachsen. Die Säulen haben durchschnittlich einen Dickendurchmesser von 1—2 Millimtr. und eine Länge von 5—8 Centimtr. Diese feinen zierlichen Gebilde, welche anfangs isolirt dastehen und weit in die Zahnhöhle hineinragen, haben fast ein tropfsteinähnliches Aussehen, wenn man sie von

dem offenen Wurzelende aus betrachtet. Später wachsen neue Säulen in die Zwischenräume zwischen die bestehenden, bis sie ganz dicht stehen. Zum Schlusse sorgen die Ueberreste der Pulpa für die Ausfüllung der noch vorhandenen Interstitien durch jene Zahnbeinschaltmasse, deren wir schon vorn gedacht haben.

Wir sehen also aus der vorstehenden Beschreibung, dass sich die Pulpa des Wallrossstosszahnes bei der Formation des Zahnbeines in drei verschiedene Partien sondern muss: 1) in eine Rindenpulpa, welche ein dem Zahnbein der meisten Säuger gleiches Gewebe producirt. Es spaltet sich die innere Pulpapartie 2) in die Säulen und 3) die Schaltmasse.

Im Wallrossstosszahne sehen wir demnach, was die Zahnbeinstructur betrifft, das Mittelglied zwischen den Zähnen mit vielen Pulpen (Orycteropus) und jenen mit einer einzigen Pulpa, wie bei den meisten anderen Säugern.

Sehr interessant ist ein vergleichend anatomischer Ueberblick über das Auftreten der verschiedenen Systematisirungen des Zahnbeins.

Die Zerstückelung eines Theiles der Zahnpulpa in viele vereinzelte Organisationscentra, wie beim Wallrosse treffen wir auch hier und da in den Zähnen anderer Säuger als Anomalie. Nicht gar selten sieht man, dass solche Dentinsysteme mit eigenen Organisationscentren sich von der gemeinsamen Pulpa abgezweigt haben, namentlich in den Zähnen einiger Pachydermen, z. B. Elephant, Hippopotamus. Bei der Grösse der Zähne dieser Thiere fallen die im normalen Zahnbein enthaltenen Dentinkugeln auf und werden deshalb häufiger gefunden. Wir beobachten, dass in solchen Zähnen die normale Zahnbeinbildung ganz unterbrochen wurde, und dass sich aus der Pulpa ein Zahnbeinsystem für sich abzweigte. Derartige Systeme treffen wir als kugelförmige Körper von sehr verschiedener Grösse, welche zwischen 1 Millimtr. und 1 Centimtr. schwankt. Sie unterscheiden sich schon durch ihr Aussehen von der übrigen normalen Zahnbeinsubstanz.

In Zähnen anderer Säuger hat man diese Formation noch nicht aufgefunden. Es gelang mir indessen, an zwei Rindzähnen und an einem Menschenzahn und an einem Stosszahn von Monoceros Monodon sogar die Entwickelung dieser Dentinkugeln mitten im sonst normalen Zahnbein zu studiren. In einem Rinds-

zahn ist sogar der ganze Wurzeltheil mit solchen Zahnbeinsystemen durchsetzt. Ein treffliches, derartiges Präparat aus einem Menschenzahn giebt uns Wedl in seinem Atlas Fig. 63 u. 64. Nach diesen sehr sorgfältigen Abbildungen wird man gewiss nicht in Versuchung kommen, diese Dentinsysteme Fig. 64 in sonst normalen Zähnen für neugebildete Dentinkugeln zu halten.*)

Nach Erwägung der oben mitgetheilten Thatsachen wird man finden, dass das Auftreten interstitieller Dentinkugeln als Zahnbeinsysteme für sich auch in den Zähnen anderer Säuger nicht zu den grossen Seltenheiten gehört. Man übersieht sie nur leicht, weil sie meist mikroskopisch klein sind. Wer jedoch viele Zähne untersucht, wird wohl im Stande sein, derartige Präparate von den Zähnen der verschiedensten Säuger zu erhalten. Bis jetzt beobachtete ich diese interstitielle Dentinkugeln beim Elephanten, Hippopotamus, Monoceros Monodon, beim Rinde, Pferde und beim Menschen.

Die vollkommene Zerstückelung des Zahnbeinkeimes in viele Organisationscentra, wie beim Orycteropus, kommt auch als Anomalie an den Zähnen verschiedener Säuger vor. Ich erinnere hier bei den Menschenzähnen an die Odontome, welche durch Wucherung und Entartung des Zahnkeimes entstehen. Es sind bisher überhaupt nicht viele Odontome entdeckt worden; wenige davon hat man genauer untersucht. Unter diesen Fällen sind mehrere, welche eine Zerstückelung der Pulpa in sehr zahlreiche, vereinzelte Organisationscentra zeigen. Solche Beobachtungen haben Wedl**), Charles Tomes***) und ich†) veröffentlicht.

Es kommen solche Zerstückelungen der ganzen Zahnpulpa in verschiedene Organisationscentra auch an Elephantenzähnen vor.

---

*) Ich muss hier noch hinzufügen, dass auch wirklich interstitielle Dentinneubildungen vorkommen. Ich besitze ein derartiges Präparat von einen Menschenzahn. Ferner erinnere ich an die Neubildungen in den sogenannten Zahnabscessen in Elephantenzähnen.

**) Wedl. Pathologie der Zähne. S. 124.

***) Charles S. Tomes. Description of an Odontome. Transact. of the Odont. Society of Great Britain. 1872. S. 81—88.

†) Vergl. Deutsche Vierteljahrsschr. f. Zahnheilk. 1874. Ein Odontom. S. 252--258.

Man trifft hier in ganz normal gestalteten Zähnen zuweilen das ganze Zahnbein in dieser Weise entartet. Der Zahn sieht gelbbraun marmorirt aus. — An den Zähnen anderer Säuger habe ich dieses Vorkommniss noch nicht beobachtet, doch wird es wohl im Allgemeinen nicht sogar selten sein.

Vergleicht man die verschiedenen Zahnbeinformationen, welche vorn beschrieben wurden, so steht entschieden der Edentatenzahn auf der niedrigsten Stufe in der Entwickelungsreihe; doch lässt sich hierüber streiten. Es könnten sich Gegner finden, welche gerade die Formation beim Orycteropus und im Kern des Wallrosszahnes für die höchste Entwickelungsstufe angesehen wissen möchten. Mir erscheint als die höchst entwickelte Form der Menschenzahn und die ihm gleichenden Zähnen anderer Säuger, und zwar wegen der einfachen Verhältnisse. Das Zahnbein des Menschen bildet sich einheitlich um ein einziges Organisationscentrum von der gemeinsamen Pulpa aus. Es entwickelt sich als homogene Substanz, welche nur von den Zahnbeincanälchen durchzogen ist. Es ist dieses Zahnbein von ausserordentlicher Härte und steht somit seinen Functionen am Besten vor. Der Zahn ist eben bestimmt, beim Kauact mit harten Körpern in Berührung zu treten, und muss deshalb von fester Textur sein.

Man könnte die Vascularisation des Zahnbeins, welche beim Zahn des Orycteropus und des Trichechus doch entschieden besser entwickelt ist, deshalb als Merkmal einer höheren Entwickelungsstufe ansehen, weil die Ernährung des Gewebes dadurch besser ermittelt werden kann. Das menschliche Zahnbein z. B. gilt für ein sehr niedrig organisirtes Gewebe, weil man die Vascularisation in demselben vermisst. Meines Erachtens ist aber die Durchsetzung des Zahnbeins mit Gefässcanälen nicht das höchste Princip, denn je mehr Hohlräume das Zahnbein durchziehen, desto poröser muss der Zahn werden (wie wir das beim Zahn des Orycteropus sehen), desto weniger vollkommen wird er seine Functionen zu verrichten im Stande sein. Je mehr die Gefässvertheilung im Zahnbein ausgebreitet ist, desto niedriger steht das Thier in Hinsicht auf seine Zahnbildung. Das erkennt man aus dem Verhalten der meisten Fischzähne, welche doch im Vergleich mit den Säugethierzähnen nur einen geringen Werth haben. Gerade in Fischzähnen finden wir die ausgedehnteste Vascularisation in sehr

verschiedener Gestalt wieder.*) Eine sehr häufige Form ist die Zersplitterung der Zahnpulpa in viele Organisationsmittelpunkte, ähnlich, wie es bereits beim Wallrosse besprochen wurde. Trotz dieser Formation haben die Fischzähne als Zähne eine sehr untergeordnete Bedeutung.

Wenn demnach zugestanden werden muss, dass das menschliche Zahnbein im Vergleich mit anderen Geweben verhältnissmässig niedrig organisirt ist, so wird man doch zugeben, dass es (bei dem Mangel an Gefässcanälen) für seine Zwecke am Brauchbarsten ist, und die Brauchbarkeit ist doch hier das höchste Princip.

Ich muss noch hinzufügen, dass das nicht vascularisirte Zahnbein des Menschen und der meisten anderen Säuger von der Pulpa sehr wohl ernährt wird, wenn wir auch bisher noch nicht die Art und Weise erkannt haben, wie der Stoffwechsel vor sich geht. Dass ein Stoffwechsel in diesem Gewebe besteht, das beobachten wir bei gewissen Rückbildungsprocessen.

Es lag wir daran, an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass die verschiedenen Zahnbeinformationen, welche eine Eigenthümlichkeit einzelner Säuger zu sein scheinen (z. B. Orycteropus, Trichechus, Glypptodon), auch bei andern Säugern, wenn auch nur als Anomalie, vorkommen. Das vergleichend anatomische Studium dieser Verhältnisse ist überaus interessant.

Vertheilung der drei Zahnsubstanzen.

Wir haben uns bisher damit beschäftigt, die einzelnen Zahnsubstanzen in ihrem Auftreten bei den verschiedenen Säugern zu betrachten. Es erübrigt noch, einige Worte über die Vertheilung der Zahnsubstanzen zu sagen.

Beginnen wir zunächst mit Betrachtung der Zahnkrone. Diese wird bei den meisten Säugern aus Cement (Schmelzoberhäutchen), Schmelz und Zahnbein zusammengesetzt. Der Schmelz ist von verschiedener Anordnung. Bei den meisten Zähnen umgiebt er das Zahnbein rundum als einfache Decke. An anderen Zähnen,

*) R. Owen. Odontography. Vgl. Taf. 9 Pristis, Taf. 15 Acrodus Taf. 26 Myliobates u. a.

z. B. bei den Mahlzähnen der Wiederkäuer, des Pferdes u. a., ist der Schmelz gefaltet, d. h. er bildet statt einer ebenen Oberfläche mehrfache tiefe Einstülpungen, welche man als Schmelzfalten bezeichnet. Diese Formation des Schmelzes hindert eine frühzeitige Abnutzung des Zahnbeins.

Nicht bei allen Thieren sehen wir die drei genannten Zahngewebe an der Bildung der Zahnkrone participiren, so fehlt bei den Edentatenzähnen die Schmelzbekleidung gänzlich, doch ist das kein vereinzeltes Factum, denn ich habe selbst an Menschenzahnanomalien die Beobachtung gemacht, dass auch ihnen der Schmelzüberzug fehlen kann. Es ist noch kein weiterer Fall von Schmelzmangel an Menschenzähnen bekannt geworden. Alle Beobachter konnten mit Recht darauf den Nachdruck legen, dass selbst bei den winzigsten Zwergzähnen von einigen Millimtr. Länge eine regelmässige Schmelzschicht aufgefunden wurde. Ich entdeckte*) im Jahre 1872 kurz hintereinander drei Zahnkörperchen, welche vollständig schmelzlos waren; später fand ich noch drei. Durch einen Collegen erhielt ich ein siebentes Exemplar, welches derselbe in seiner Praxis aus dem Munde eines seiner Patienten entfernt hatte. Diese Körperchen liefern den exacten Beweis, dass auch beim Menschen so niedrig stehende Zahnformationen vorkommen können. Ich habe diese Körperchen schon an einer anderen Stelle genau beschrieben und beschränke mich nur darauf, das Wichtigste darüber anzuführen.

Die schmelzlosen Zahnkörperchen fanden sich bisher im Oberkiefer und im Unterkiefer, und zwar stets in der Nähe der kleinen Backenzähne, entweder zwischen diesen beiden Zähnen oder zwischen dem zweiten kleinen Backenzahne und dem ersten Molaris. Sie liegen ziemlich versteckt in der Substanz des Kieferknochens und kommen entweder gar nicht oder nur mit einer sehr geringen Oberfläche zum Vorschein. Nur durch sorgfältiges Suchen findet man sie. Sie sind 2—6 Millimtr. lang und haben ungefähr die Gestalt und Grösse eines Reiskornes. Es fällt schon bei oberflächlicher Betrachtung der Mangel an Schmelz auf. Es wurden sodann sämmtliche Körperchen zum Zwecke einer genaueren Unter-

*) Vgl. Deutsche Vierteljahrsschr. f. Zahnheilk. 1872, S. 23—35 u. S. 180—186.

suchung durchsägt, aber selbst die mikroskopische Beobachtung liess keinen Schmelz erkennen. Dabei zeigte sich aber, dass diese Körperchen nur aus Zahnbein und Cement bestehen. An den Zähnen anderer Säuger fand ich solche Abnormitäten noch nicht, doch mögen sie wohl auch vorkommen.

Wie ich vorhin bei der Entwickelungsgeschichte beschrieb, soll für jeden Zahn ein Schmelzkeim angelegt sein, es soll dieser sogar die Initiative zur Zahnbildung ergreifen. Wie ich aber soeben beschrieb, vermissen wir bei den Edentaten den Schmelz in der Regel, ebenso bei einigen anderen Zahnarten (z. B. Stosszahn vom Elephanten, Wallross u. s. w.), selbst bei Menschenzähnen kommen vereinzelte Fälle vor, wo kein Zahnschmelz gebildet wurde. Das scheint nicht für die Annahme von der Initiative des Schmelzkeimes bei der Zahnbildung zu sprechen. Bei Gelegenheit der Betrachtung der von mir aufgefundenen schmelzlosen Zahngebilde beim Menschen liess ich zwei Möglichkeiten für den Schmelzmangel offen. Ich nahm an, dass entweder gar kein Schmelzkeim angelegt sei, oder dass er zu Grunde gehe. Eine sehr interessante, erst kürzlich veröffentlichte Studie von Charles Tomes*) giebt uns genauen Aufschluss über diese Verhältnisse. Dieser Autor fand nämlich bei der Untersuchung eines Fötus vom Tatusia Peba (Cingulata), dass auch bei diesen Zähnen ein Schmelzkeim gebildet wird. Die erste Entstehung erfolgt in der gleichen Weise wie bei allen Säugethierzähnen, d. h. es senkt sich auch hier eine zapfenartige Verlängerung des Mundhöhlenepithels in die Tiefe des Kieferwalles; dieser Epithelsprosse entgegen wächst eine Schleimhautpapille. Bis hierher ist nun also die Entwickelung des Gürtelthierzahnes der der anderen Säugethierzähne analog. Der Unterschied ist nun aber der, dass der Schmelzkeim sich nicht weiter entwickelt, sondern zu Grunde geht. Durch die directe Beobachtung dieses Factums ist die Frage über das Verhalten des Schmelzkeimes bei den Zähnen, welche ohne Schmelz bleiben, gelöst.

Wir haben noch hinsichtlich des Schmelzmangels einiger anderen Zähne zu gedenken. So werden z. B. die Zähne der Nager

*) Charles S. Tomes. On the existence of an enamel organ in an armadillo. Quarterly Journ. of mikrosk. sc. Vol. XIV, S. 45.

nur an der Vorderfläche mit Schmelz bekleidet, während bei anderen Thieren beide Zahngattungen — schmelzlose und schmelzhaltige — vorkommen. So sind z. B. beim Elephanten alle Zähne mit Ausnahme der Stosszähne mit Schmelz bekleidet. Die Stosszähne des Narwals und des Wallrosses sind gleichfalls ohne Schmelzbekleidung.

Aus der obigen Betrachtung geht hervor, dass der Schmelzmangel bei den Edentaten nicht allein vorkommt, denn wir finden dieselben Verhältnisse auch an den Zähnen anderer Säuger, selbst an denen des Menschen wieder.

Wurzelbildung.

Von besonderem Interesse ist das Studium dieser Verhältnisse für die Lehre vom Durchbruch der Zähne. Wir unterscheiden im Wesentlichen drei ganz verschiedene Gruppen von Zähnen:

1) Zähne ohne Wurzeln;
2) Zähne mit Wurzeln von einem begrenzten Wachsthum;
3) Zähne von einem unbegrenzten Wachsthum.

Zähne ohne jede Wurzelbildung finden wir in der Norm bei den Edentaten; ferner gehören hierher die Backzähne einiger Nager, z. B. Mus und Cricetus. Auch diese Zähne werden wie die Zähne aller übrigen Säuger in einer Alveole im Innern des Kiefers angelegt. Beim Durchbruch müssen sie die Fortbewegung ohne Wurzelwachsthum ausführen. Hieraus kann man so recht deutlich sehen, dass das Längenwachsthum der Wurzel zum Durchbruch nicht nöthig ist. Es kommt ja auch bei Menschenzähnen vor, dass sie ohne Wurzel (also doch ohne Längenwachsthum) aus dem Kiefer hervortreten, so z. B. bei Kindern, welche mit Zähnen geboren werden. Nicht selten trifft man auch bei Kindern in der zweiten Dentition Zähne, welche bereits so weit durchgebrochen sind, dass sie im Niveau mit den übrigen stehen, ohne dass an ihnen mehr als der Zahnhals gebildet wäre. In solchen Fällen lehrt die Untersuchung, dass der Zahn nicht durch die wachsende Wurzel, welche ja gänzlich fehlt, zum Durchbruch gebracht worden ist. Solche Zähne werden beim Durchbruch durch wucherndes Bindegewebe aus der Alveole ausgedrängt.

Die zweite Gruppe umfasst die Zähne mit beschränktem Wurzelwachsthum. Hierher gehören bis auf wenige Zahnarten die Zähne fast aller Säuger. Diese Zahnarten, welche von der allgemeinen Regel auszuschliessen sind, sollen bei Besprechung der dritten Gruppe ihre Beachtung finden.

Die Wurzelbildung der Zähne der zweiten Gruppe geht folgendermassen vor sich. Die Zahnpulpa verlängert sich an ihrem offenen Ende. Durch ihr Wachsthum wird aber der Zahn nicht aus dem Kiefer gedrängt.*) Das Wurzelwachsthum ist, wie ich schon an einer anderen Stelle bewies**), nicht vom Höhenwachsthum des Kiefers abhängig. Die sich entwickelnde Wurzel verdrängt den sie umgebenden Knochen, soweit er ihrer Ausdehnung hinderlich ist, bringt den Knochen zur Resorption und wächst überhaupt ohne jeder Rücksicht auf die sie umgebende knöcherne Alveole aus. Jede Abweichung der Wurzel von dem normalen Wachsthum, z. B. bei Krümmungen, Knickungen, abnormer Zahl u. s. w., muss sich der Kiefer fügen. Die Zahnwurzeln dieser Gruppe wachsen somit nicht aus dem Kiefer heraus, wie die meisten Autoren behaupten. Diese Wurzeln wachsen in den Kiefer hinein. Auch diese Zähne werden durch wucherndes Bindegewebe aus dem Kiefer gedrängt.

Hat die Zahnwurzel die volle ihr zukommende Länge erreicht, so hört die weitere Production von Zahnbein und Cement auf, und die untere Oeffnung schliesst sich bis auf ein feines Foramen, welches für den Durchtritt der Gefässe und Nerven offen bleiben muss. Damit ist die Wurzelbildung abgeschlossen; die Wurzel kann nicht weiter wachsen.

Wir kommen nun zur dritten Gruppe, welche die stets wachsenden Zähne in sich schliesst. Wir sind hier in einiger Verlegenheit, denn von einer eigentlichen Wurzel können wir bei

*) Interessant ist hier ein Vortrag von Charles S. Tomes im December 1874 über die Befestigung der Zähne im Kiefer durch Anchylose bei Reptilien und Fischen. Transact. of the Odontol. Soc. of Gr. Britain. Tomes führt meine Beobachtungen über den Durchbruch an und giebt neue Beispiele im Verhalten der Fischzähne für das Factum, dass das Wurzelwachsthum mit dem Durchbruch der Zähne nichts zu thun hat.

**) Vgl. Deutsche Vierteljahrsschr. f. Zahnheilkunde 1873, p. 25—56, Durchbruch der Zähne.

diesen Zähnen gar nicht sprechen, da sich bei ihnen Krone und Wurzel nicht unterscheidet. Ferner ist ja auch der im Kiefer verborgene Theil des Zahnes bestimmt, später gleichfalls als Zahnkrone zu fungiren. Wenn wir daher bei diesen Zähnen von Kronentheil und Wurzeltheil sprechen, so verstehen wir hier unter Wurzeltheil den im Kiefer befindlichen Theil des Zahnes. In Wirklichkeit besteht ein Unterschied zwischen Zahnkrone und Wurzel hier nicht. Wir haben also eigentlich, wie bei den Zähnen der ersten Gruppe, wurzellose Zähne vor uns. Diese Zähne stehen aber, zum Unterschied von denen der ersten Gruppe, zum Theil im Kiefer, zum Theil ausserhalb desselben.

Wir unterscheiden in der dritten Gruppe drei Formen:

a) Zähne mit Schmelzbekleidung. Der ganze Zahn ist (innerhalb und ausserhalb der Alveole) mit Schmelz bekleidet.

b) Zähne mit theilweiser Schmelzbekleidung. Der Schmelz überzieht nur an der labialen Seite den Zahn, z. B. bei den Vorderzähnen der Nager.

c) Zähne mit Cementbekleidung. Der ganze Zahn ist nur von Cement (ohne Schmelz) bekleidet, z. B. bei den Stosszähnen der Pachydermen des Wallrosses und Narwals.

Alle Zähne dieser Gruppe wachsen während des ganzen Lebens, indem sie aus dem Kiefer weiter hervortreten, was bei den Thieren, deren Zähne, wie bei der ersten und dritten Form, aus dem Maule herauswachsen, nicht störend ist. Bei den Nagern treffen jedoch die stets wachsenden Vorderzähne bei der Kiefer aufeinander. Die Kiefer würden bei fortgesetzter Verlängerung der Zähne schliesslich weit auseinander gedrängt werden. Dadurch würden die Thiere am Fressen verhindert, sie suchen deshalb den Zahn, entsprechend seinem Längenwachsthum, abzunutzen und erreichen das durch Nagen an harten Körpern; sie nagen, wie man sagt, aus Bedürfniss. Das Nagen ist die Folge des Längenwachsthums des Zahnes, nicht aber die Ursache. Für diese Thatsachen finden wir Beweise in abnorm gestellten Zähnen der Nager. Hört z. B. die Abnutzung des nach Verlust des gegenüberstehenden Zahnes auf, so wächst trotz der fehlenden Abnutzung der Zahn fort. Nimmt der Zahn in seinem Wachsthum eine schiefe Richtung ein, so wächst er aus dem Maule heraus, zuweilen in einem Bogen, und erreichen dann eine unverhältniss-

mässige Länge.*) Daraus erkennt man, dass nicht das Nagen das Wachsthum bedingt. Das Nagen ist, wie oben bemerkt, nur die Folge des immerwährenden Längenwachsthums der Vorderzähne. Die Vorderzähne der Nager verhalten sich also hinsichtlich ihres Längenwachsthums ganz wie die übrigen Zähne der dritten Gruppe. Sie machen nur dadurch eine Ausnahme, dass sie, entsprechend ihrem fortwährenden Wachsthum, abgenutzt werden.

Ich habe an dieser Stelle noch einige Worte über das Ausdrängen solcher Zähne zu sagen. Es ist hier evident, dass die Zähne ein unbegrenztes Wachsthum haben. Es wird während des ganzen Lebens im Innern der Alveole am unteren Ende stets neue Zahnsubstanz ausgebildet. Hier muss die wachsende Pulpa den Zahn aus dem Kiefer drängen. Das Längenwachsthum der Zahnpulpa ist die Ursache des Durchbruches dieser Zähne der dritten Gruppe.

Wie ich noch hinzusetzen muss, finden wir bei den Thieren der letzten Gruppe immer zwei Arten des Wurzelwachsthums. Bei Mus und Cricetus z. B. sehen wir die Backenzähne ohne Wurzeln, während die Nagezähne ein unbegrenztes Wachsthum haben. Die meisten anderen Nager, der Elephant und die anderen der genannten Thiere, welche Stosszähne besitzen, haben gleichfalls zweierlei Wurzelformation, und zwar sind die Stosszähne und Nagezähne von unbegrenztem Wachsthum, während die anderen Zähne mit Wurzeln von einem begrenzten Wachsthum versehen sind.

Ich könnte noch Ausführlicheres über die Form und Zahl der Wurzeln berichten. Ich könnte überhaupt noch manches andere mehr weniger interessante Factum mittheilen. Ich habe mir aber vorgenommen, nur die Zahnformationen, welche von allgemeinerem Interesse sind, zu beschreiben. Der vorgezeichnete Umfang dieser Arbeit gestattet mir weitläufige Ausführungen nicht. So schliesse ich denn in der Hoffnung, dass vorliegende Studie eine nachsichtige Beurtheilung finden möge.

---

*) James Murie. Transactions of the Odontolog. Soc. of Great-Britain. 1870. S. 260, Fig. 1.